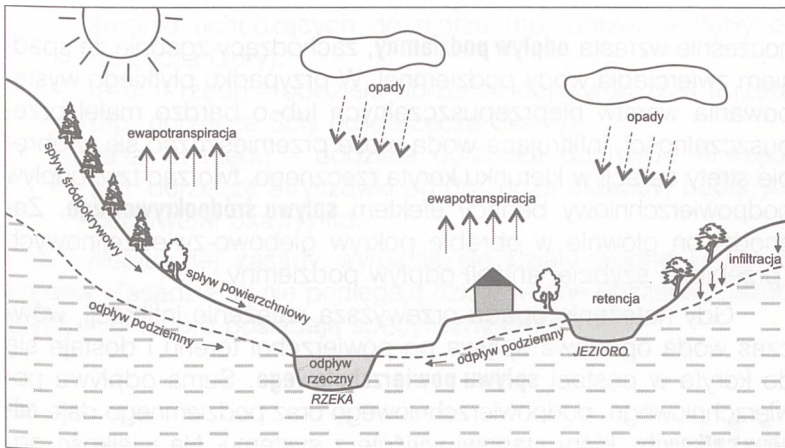


1.1. SYSTEM HYDROLOGICZNY ZLEWNI

Podstawową jednostką w badaniach hydrologicznych jest zlewnia, czyli obszar, z którego wszystkie wody spływają zgodnie ze spadkiem terenu do rzeki, jeziora, bagna, mokradła lub innego odbiornika (recypienta). Zlewnia jest zatem **systemem przestrzennym**, w skład którego wchodzi takie elementy, jak: sieć rzeczna, jeziora, wody gruntowe, szata roślinna, gleby, rzeźba, podłoże geologiczne oraz obiekty antropogeniczne (np. budynki, drogi). W obrębie tak zdefiniowanej jednostki, naturalny charakter granic – wynikający z nachylenia terenu – umożliwia i ułatwia badanie przepływu materii i energii przez ośrodki abiotyczne i biotyczne. W obrębie zlewni zachodzą procesy wzajemnie ze sobą powiązane. Pozwala to traktować zlewnię jako **dynamiczny system fizyczny**, w którym zachodzi obieg wody obejmujący opad, ewapotranspirację, spływ powierzchniowy i podpowierzchniowy, infiltrację oraz odpływ (ryc. 1.1.1). Siłami napędowymi obiegu wody są energia słoneczna oraz siła grawitacji.

system – zbiór komponentów wraz z relacjami zachodzącymi pomiędzy tymi komponentami oraz pomiędzy ich atrybutami

ekosystem – system, w którym zachodzi wzajemna wymiana materii i energii pomiędzy organizmami żywymi i ich środowiskiem

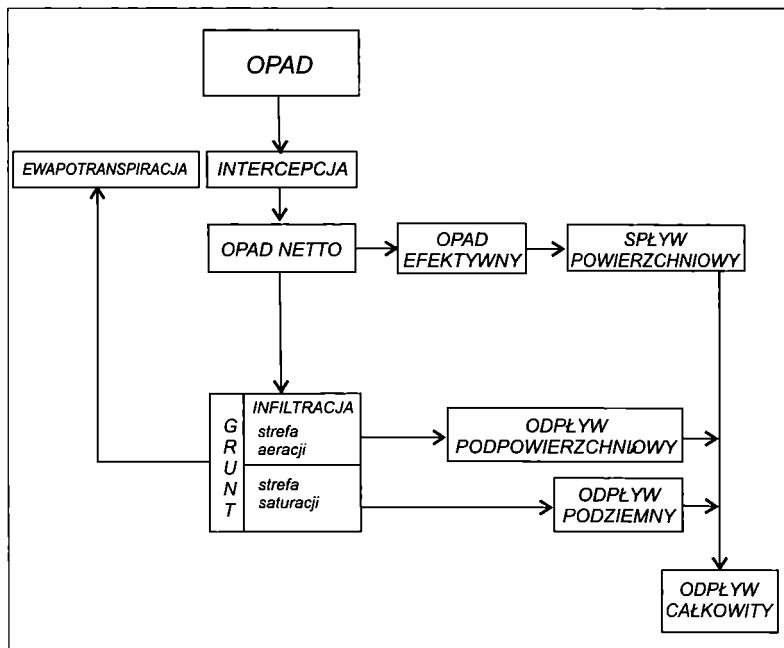


Ryc. 1.1.1. Krążenie wody w zlewni

Wejściem do systemu jest **opad** atmosferyczny, od wielkości którego zależy kształtowanie się zasobów wodnych zlewni. Opad, nim dotrze do powierzchni gruntu, może podlegać **intercepcji**, czyli przechwytywaniu i okresowemu zatrzymaniu na roślinach, budynkach i innych obiektach, znajdujących się na powierzchni gruntu (ryc. 1.1.2). Po wypełnieniu aktualnej intercepcji, opad, ściekając ze zwilżonych powierzchni, wraz z opadem bezpośrednio spadającym na grunt, tworzy tzw. **opad netto**, który bierze udział w nawilżaniu gruntu i może wsiąkać w głąb, czyli ulegać **infiltracji**. Proces ten przebiega w obrębie strefy aeracji. Jeśli infiltrująca woda osiągnie strefę saturacji, podwyższa się poziom wód gruntowych i jed-

strefa aeracji – inaczej strefa napowietrzenia – część litosfery, w której szczeliny w skałach i przestrzenie (pory) w gruncie są wypełnione powietrzem

strefa saturacji – inaczej strefa nasycenia – część gruntu, w której wszystkie pory, próżnie i szczeliny są całkowicie wypełnione wodą



Ryc. 1.1. 2. Schemat obiegu wody w zlewni

nocześnie wzrasta **odpływ podziemny**, zachodzący zgodnie ze spadkiem zwierciadła wody podziemnej. W przypadku płytkiego występowania warstw nieprzepuszczalnych lub o bardzo małej przepuszczalności, infiltrująca woda może przemieszczać się w obrębie strefy aeracji w kierunku koryta rzecznej, tworząc tzw. odpływ podpowierzchniowy będący efektem **spływu śródpokrywowego**. Zachodzi on głównie w obrębie pokryw glebowo-zwietrzelinowych i przebiega szybciej aniżeli odpływ podziemny.

Gdy natężenie opadu przewyższa natężenie infiltracji, wówczas woda opadowa spływa po powierzchni terenu i dostaje się do koryta w postaci **spływu powierzchniowego**. Suma odpływu powierzchniowego, podpowierzchniowego oraz podziemnego daje **odpływ całkowity**, który stanowi wyjście z systemu. Na wielkość odpływu ma również wpływ proces oddawania wody do atmosfery zarówno tej zatrzymanej w zbiorniku intercepcji, jak i parującej z powierzchni gruntu, jezior, rzek, bagien, stawów, a także wody pobieranej przez system korzeniowy roślin. Łączna wielkość tych strat określana jest jako **ewapotranspiracja**. Może się zdarzyć, iż w zależności od indywidualnych cech zlewni, niektóre procesy mogą nie występować. Ponadto, obraz i dynamika obiegu wody zmienia się w poszczególnych sezonach roku; np. zimą grunt jest przemarznięty, przykryty pokrywą śnieżną i spływ powierzchniowy i śródpokrywowy nie występują.

Ilość wody biorącej udział w obiegu zależy nie tylko od procesów naturalnych, ale również od **działalności człowieka**,

która przejawia się m.in. w bezpośredniej ingerencji poprzez pobór wód powierzchniowych i podziemnych oraz ich zrzut. Człowiek wpływa na obieg wody także pośrednio. Na przykład, zmiana użytkowania terenu powoduje zmianę wielkości spływu powierzchniowego oraz ewapotranspiracji. Ingerencja w pojedyncze fazy obiegu wody pociąga za sobą zmiany w całym obiegu.

W badaniach hydrologicznych, zanim wprowadzono pojęcie zlewni, używano pojęcia **dorzecza**, rozumianego jako obszar, z którego wody spływają do systemu jednej rzeki aż do jej ujścia. Termin ten wprowadził Wincenty Pol w podręczniku *Hydrografia*, wydanym w 1851 r. Tak samo rozumie się to pojęcie obecnie, choć od tej reguły istnieją wyjątki: na przykład stosuje się nazwę „dorzecze górnej Wisły”, mimo iż obejmuje ono tylko część systemu Wisły.

Granicą zlewni (dorzecza) jest **dział wodny**. Oddziela on powierzchnie, po których spływ wody następuje do dwóch sąsiadujących ze sobą recypientów. Wyróżnia się następujące działy wodne:

- dział kontynentalny – oddziela od siebie **zlewiska** mórz (np. zlewisko Morza Bałtyckiego od zlewiska Morza Północnego),
- dział I rzędu – oddziela dorzecza rzek I rzędu, tj. bezpośrednio uchodzących do morza (np. dorzecze Wisły od dorzecza Odry),
- dział II rzędu – oddziela dorzecza dopływów rzek II rzędu (np. dorzecze Soły od dorzecza Skawy),
- dział III rzędu – oddziela dorzecza dopływów III rzędu (np. dorzecze Stryszawki od dorzecza Skawicy, będących dopływami Skawy) itd.

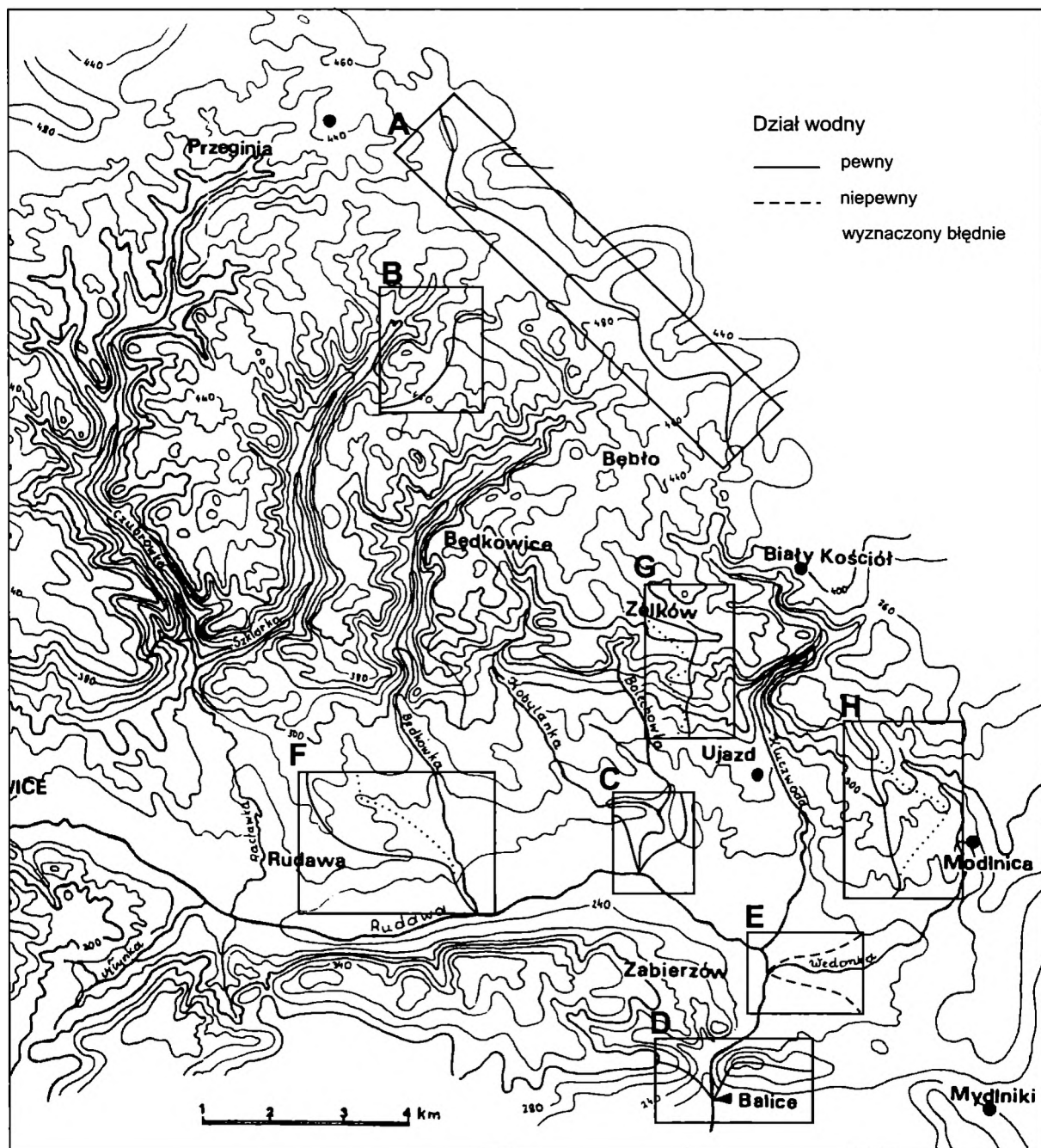
Według tej zasady wyróżnia się działy wodne kolejnych rzędów. Zasadzie tej nie podlegają działy wodne obszarów bezodpływowych, które posiadają specyficzny charakter.



Ujście Rudawy – rzeki II rzędu – do Wisły (Kraków)

1.1.1. Topograficzny dział wodny

Topograficzny dział wodny jest granicą zlewni topograficznej, czyli powierzchniowej. Wyznacza się go na podstawie rzeźby terenu przedstawionej na mapie poziomicowej (ryc. 1.1.3, 1.1.4). Topograficzny dział wodny przebiega wzdłuż grzbietów najwyższych wzniesień, przecina wierzchołki, przełęcz i biegnie zawsze prostopadle do poziomicy (ryc. 1.1.3A). Zdarza się jednak, że pojedyncza kulminacja terenu, mimo znacznych wysokości, nie leży na działzie wodnym, lecz obok niego. Dzieje się tak wówczas, jeśli wzgórze takie jest izolowane dolinami skierowanymi do innego cieku (ryc. 1.1.3B).



Ryc. 1.1.3. Wyznaczanie topograficznego działu wodnego



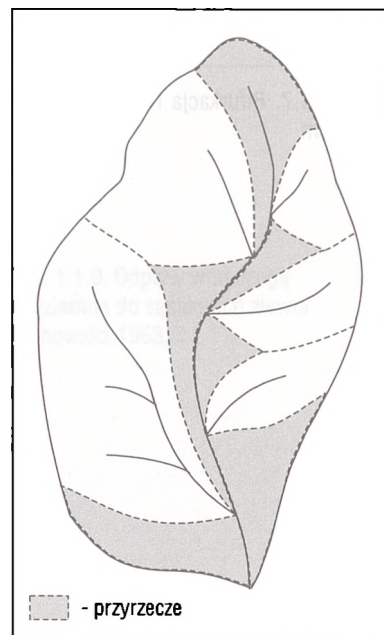
Ryc. 1.1.4. Dział wodny

Wyznaczanie działu wodnego można zacząć zarówno w miejscu ujścia danej rzeki (ryc. 1.1.3C), jak również w dowolnym profilu rzeki (ryc. 1.1.3D). Pewne trudności nastręcza wyznaczenie działu wodnego na obszarach o słabo urozmaiconej rzeźbie; w takich przypadkach zaznacza się tzw. **niepewny dział wodny** (zazwyczaj linia przerywana) (ryc. 1.1.3E), którego przebieg można zweryfikować na podstawie badań terenowych.

Najczęstszymi błędami przy wyznaczaniu działu wodnego są:

- prowadzenie działu wodnego dnem doliny zamiast grzbietem (ryc. 1.1.3F),
- skośne przecinanie poziomicy linią działu wodnego (ryc. 1.1.3G),
- przecięcie lub odcięcie suchej doliny od głównej linii spływu wód (aby uniknąć tego błędu, należy zaznaczyć na mapie cieki okresowe i epizodyczne) (ryc. 1.1.3H).

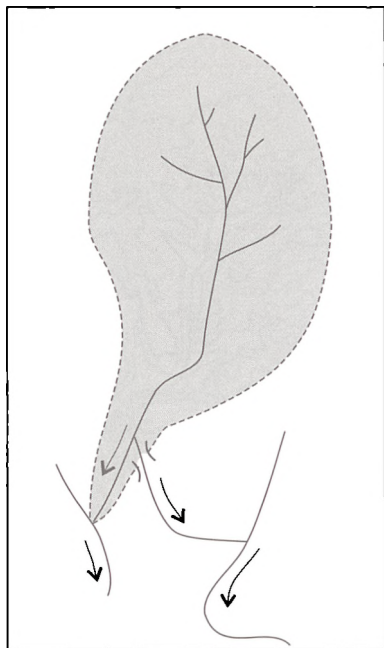
W obrębie dorzecza rzeki głównej można zaznaczyć **zlewnie cząstkowe** (elementarne), tj. zlewnie dopływów rzeki głównej. Obszar przylegający do rzeki głównej nieobjęty tymi zlewniami tworzy tzw. **przyrzecze**. Jest to obszar odwadniany bezpośrednio do rzeki głównej (ryc. 1.1.5). Zlewnia cząstkowa może także obejmować część zlewni całkowitej do określonego profilu rzeczno-



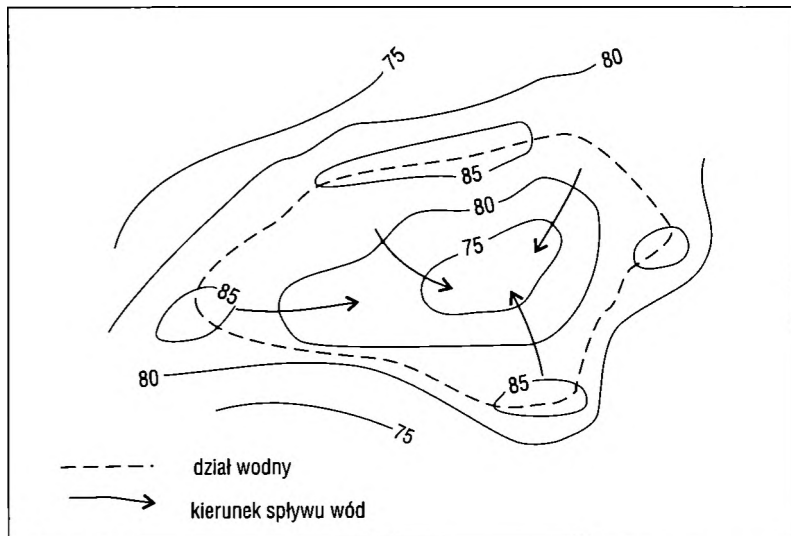
Ryc. 1.1.5. Zlewnie cząstkowe i przyrzecza

Działy wodne można wyznaczyć również na obszarach bezodpływowych, obejmujących zwykle równinne tereny o rzeźbie młodoglacjalnej, wydmorej lub krasowej. Na mapach takich obszarów należy przede wszystkim prawidłowo interpretować poziomicę oraz właściwie wyodrębnić kierunki spływu wody i miejsca, z których wody odpływają do obniżenia (ryc. 1.1.6).

Nietypowy układ hydrograficzny stanowią miejsca, w których rzeka dzieli się na dwa ramiona i woda odpływa do dwóch dorze-

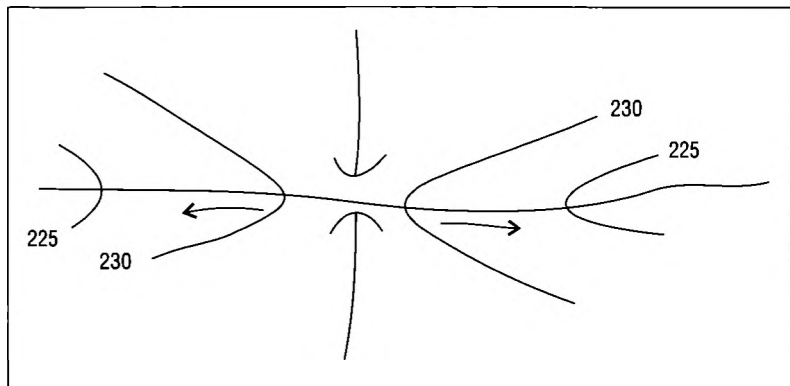


Ryc. 1.1.7. Bifurkacja i brama w dziale wodnym



Ryc. 1.1.6. Dział wodny na obszarze bezodpływowym

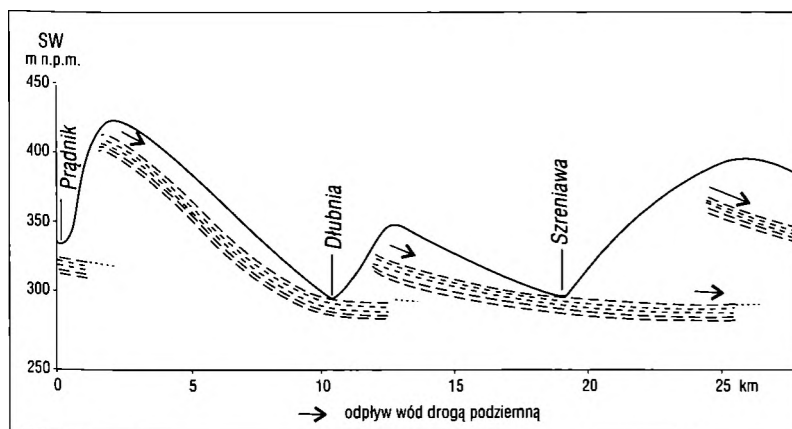
czy. Zachodzi wówczas zjawisko **bifurkacji**. W takich przypadkach odcina się ramię, w którym przepływ jest mniejszy, i zaznacza bramę w dziale wodnym (ryc. 1.1.7). Trudności następuje też wyznaczanie działu wodnego na obszarach równinnych. Na podstawie poziomicy należy wtedy wyodrębnić teren położony najwyżej i w jego obrębie zaznaczyć bramę w dziale wodnym (ryc. 1.1.8). Wskazuje ona miejsce, od którego woda w korycie odpływa w różnych kierunkach (w rzeczywistości, na niewielkim odcinku koryta, woda zwykle stagnuje). Taki układ nazywa się **pseudobifurkacją**; występuje on najczęściej na obszarach o gęstej sieci kanałów lub rowów melioracyjnych.



Ryc. 1.1.8. Pseudobifurkacja

1.1.2. Podziemny dział wodny

Woda opadowa infiltruje w głąb i dalsze jej krążenie odbywa się w obrębie utworów budujących dany obszar. Drogi przemieszczania się wody pod powierzchnią terenu są skomplikowane i może się zdarzyć, iż kierunek spływu wód podziemnych jest inny, aniżeli wynikałoby to z ukształtowania terenu. Decydują o tym przede wszystkim własności hydrogeologiczne skał oraz układ warstw wodonośnych i nieprzepuszczalnych. Może się zdarzyć, iż woda odpływa drogą podziemną do innej zlewni (ryc. 1.1.9). Jak zatem wyznaczyć granice zlewni podziemnej, czyli podziemny (hydrogeologiczny) dział wodny? Podstawą do jego wyznaczenia jest mapa

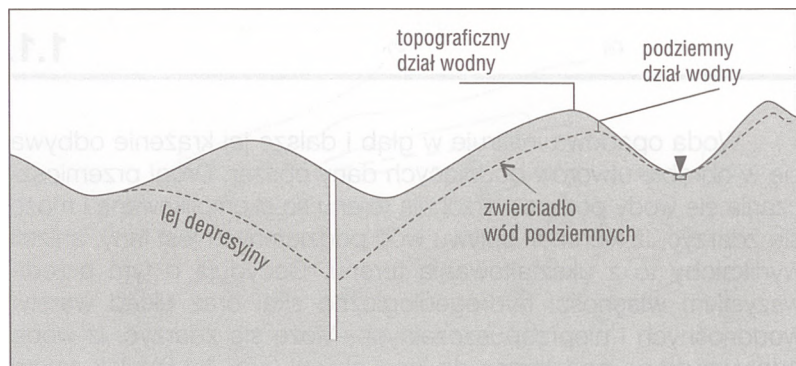


Ryc. 1.1.9. Odpływ wód drogą podziemną do sąsiednich zlewni (Dynowska, 1963)

hydroizohips (patrz rozdz. 5.1), która odzwierciedla ukształtowanie zwierciadła wód podziemnych. Zasada wyznaczania podziemnego działu wodnego jest podobna jak w przypadku działu topograficznego: biegnie on także „kulminacjami”, lecz występującymi w obrębie **zwierciadła wód podziemnych**. Podziemny dział wodny nie zawsze pokrywa się z topograficznym działem wodnym. Niezgodność taka występuje zwykle w przypadku monoklinalnego zapadania warstw skalnych, na obszarach krasowych oraz na obszarach o skomplikowanej budowie geologicznej i tektonice. Oprócz czynników naturalnych, niezgodność działu wodnego topograficznego z podziemnym może wywołać działalność człowieka. Przykładem są obszary górnicze, na których odwodnienie eksploatowanych warstw powoduje powstanie lejów depresyjnych i przesunięcie podziemnych działów wodnych (ryc. 1.1.10).

Niezgodność działu wodnego topograficznego z podziemnym utrudnia poprawne obliczenie bilansu wodnego zlewni, które zwykle odnosi się do powierzchni zlewni topograficznej.

Ryc. 1.1.10. Niezgodność działów wodnych topograficznego i podziemnego



Zadanie

Wyznacz działy wodne wybranej przez siebie zlewni rzeki oraz jej dopływów. Oznacz rzędy działów wodnych.